

This Page Is Inserted by IFW Operations
and is not a part of the Official Record

BEST AVAILABLE IMAGES

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images may include (but are not limited to):

- BLACK BORDERS
- TEXT CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES
- FADED TEXT
- ILLEGIBLE TEXT
- SKEWED/SLANTED IMAGES
- COLORED PHOTOS
- BLACK OR VERY BLACK AND WHITE DARK PHOTOS
- GRAY SCALE DOCUMENTS

IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.

As rescanning documents *will not* correct images,
Please do not report the images to the
Image Problem Mailbox.

9 Rec'd PCT/PTO 01 MAR 2002

OPTICAL FIBER GYRO

Patent Number: JP6347275
Publication date: 1994-12-20
Inventor(s): SATO MITSUTOSHI; others: 01
Applicant(s):: JAPAN AVIATION ELECTRON IND LTD
Requested Patent: ☐ JP6347275
Application Number: JP19930137210 19930608
Priority Number(s):
IPC Classification: G01C19/72
EC Classification:
Equivalents:

Abstract

PURPOSE:To obtain the title gyro wherein an intensity modulation component is not contained in a synchronous detection output.

CONSTITUTION:Light from a light source 11 is passed through a polarizer 13, it is incident on a single-mode optical-fiber coil 15 as clockwise light and counterclockwise light. The clockwise light and the counterclockwise light are changed into nonpolarizing light by depolarizers 17, 18. The counterclockwise light and the clockwise light which have been phase modulated at a frequency f_m in a phase modulator 16, in which an optical fiber has been wound on PZT, and which have propagated the optical-fiber coil 15 are made to interfere by an optical coupler 14. Their interference is passed through the polarizer 13, it is passed through an optical coupler 12, and it is converted into an electric signal by a photoelectric conversion circuit 19. The electric signal is synchronously detected at the frequency f_m , and it is used as a gyro output.

Data supplied from the esp@cenet database - I2

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平 6 - 3 4 7 2 7 5

(43) 公開日 平成 6 年 (1994) 12 月 20 日

(51) Int. Cl.⁵
G01C 19/72

識別記号

庁内整理番号

F I

技術表示箇所

J 9402-2F

審査請求 未請求 請求項の数 1 O L (全 5 頁)

(21) 出願番号 特願平 5 - 1 3 7 2 1 0

(22) 出願日 平成 5 年 (1993) 6 月 8 日

(71) 出願人 0 0 0 2 3 1 0 7 3

日本航空電子工業株式会社

東京都渋谷区道玄坂 1 丁目 2 1 番 6 号

(72) 発明者 佐藤 光俊

東京都渋谷区道玄坂 1 丁目 2 1 番 6 号 日

本航空電子工業株式会社内

(72) 発明者 永田 千仁

東京都渋谷区道玄坂 1 丁目 2 1 番 6 号 日

本航空電子工業株式会社内

(74) 代理人 弁理士 草野 卓 (外 1 名)

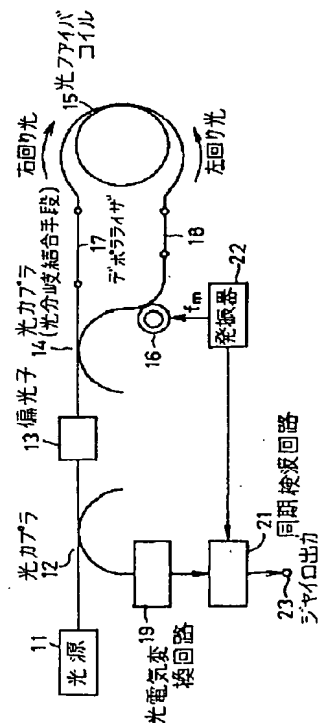
(54) 【発明の名称】 光ファイバジャイロ

(57) 【要約】 (修正有)

【目的】 同期検波出力に強度変調成分が含まれないようにする。

【構成】 光源 11 からの光を偏光子 13 を通し、光カプラ 14 で右、左回り光としてシングルモード光ファイバコイル 15 に入射し、その左、右回り光をそれぞれデポライザ 17、18 で非偏光とし、また P Z T に光ファイバを巻いた位相変調器 16 において周波数 f で位相変調し、光ファイバコイル 15 を伝搬した左、右回り光を、光カプラ 14 で干渉させ、その干渉を偏光子 13 を通し、光カプラ 12 を通して光電気変換回路 19 で電気信号に変換し、その電気信号を周波数 f で同期検波してジャイロ出力とする。

図 1



【特許請求の範囲】

【請求項 1】 光源からの光を光分岐結合手段により 2 分してシングルモード光ファイバコイルに右回り光及び左回り光として入射し、上記光分岐結合手段と上記光ファイバコイルの一端の間に挿入され、圧電素子に光ファイバを巻きつけた光位相変調器により、上記右回り光及び左回り光を周期的に位相変調し、上記光ファイバコイルを伝搬した右回り光及び左回り光の上記光分岐結合手段での干渉光を光電変換回路で電気信号に変換し、その電気信号を上記光位相変調器に対する変調信号で同期検

波する光ファイバジャイロにおいて、上記右回り光及び左回り光の一方が上記光位相変調器により強度変調を受けた上記変調信号周波数 f の成分の係数である第 1 種第 1 次ベッセル関数 $J_1(\delta\phi)$ の引数 $\delta\phi$ がほぼ 3.8 となり、

かつ上記干渉光の上記変調信号周波数 f の成分の係数である第 1 種第 1 次ベッセル関数 $J_1(\alpha)$ の引数 α がほぼ 5.4 となるように、

上記変調信号周波数、上記光ファイバコイルの長さが選定されていることを特徴とする光ファイバジャイロ。ここで上記 $\delta\phi$ は $|\phi - \phi'|$ 、 $|\phi| = \beta\phi$ 、であって、 ϕ は上記光ファイバコイルの主軸を伝搬する光が受ける位相変調振幅、 ϕ' は上記光ファイバコイルの副軸を伝搬する光が受ける位相変調振幅、 β は上記光ファイバコイルの複屈折率、 α は $2\phi \cdot \sin(\pi f \cdot \tau)$ 、 τ は上記光ファイバコイル中の光の伝搬時間である。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【産業上の利用分野】 この発明は光ファイバコイルに伝搬させた右回り光と左回り光との位相差を検出して、光

$$\begin{aligned}
 P \approx & |E_r|^2 + |E_l|^2 \\
 & + 2 E_r E_l J_1(\alpha) \cos \Delta\phi \\
 & + 4 E_r E_l J_1(\alpha) \sin \Delta\phi \cdot \cos \omega \cdot (t - \tau/2) \\
 & - 4 E_r E_l J_1(\alpha) \cos \Delta\phi \cdot \cos 2\omega \cdot (t - \tau/2) \\
 & - 4 E_r E_l J_1(\alpha) \sin \Delta\phi \cdot \cos 3\omega \cdot (t - \tau/2)
 \end{aligned}
 \quad \dots (1)$$

ここで $J_1(\alpha)$ は第 1 種第 n 次ベッセル関数、 $\alpha = 2\phi \cdot \sin \pi f \cdot \tau$ 、 f は光位相変調器 16 の変調周波数、 $\Delta\phi$ は左右両回り光の位相差、 τ は光が光ファイ

$$\begin{aligned}
 \Delta\phi &= 4\pi R L / (C\lambda) \cdot \Omega \\
 \tau &= n L / C
 \end{aligned}$$

ここで R は光ファイバコイル 15 の半径、 L は光ファイバコイル 15 の長さ、 C は光速、 λ は光の波長、 Ω は入力角速度、 n は光ファイバコイル 15 の屈折率である。

【0006】 (1) 式から同期検波回路 21 から $\sin \Delta\phi$ に比例した出力が得られ、またこの同期検波出力の係数として $J_1(\alpha)$ が関係していることが理解される。上述した光ファイバコイル 15 にシングルモード光ファイバを用い、光ファイバコイル 15 を伝搬する左右両回り光に非偏光を用いた位相変調方式光ファイバジャ

ファイバコイルに印加されるその中心回りの角速度を検出する光ファイバジャイロに関する。

【0002】

【従来の技術】 従来の光ファイバジャイロを図 1 を参照して説明する。光源 11 を出た光は光カプラ 12 を通って偏光子 13 に通され、偏光子 13 により、偏波面保存光ファイバの主軸のみ伝搬する光とされる。この光は光分岐結合手段としての光カプラ 14 で 2 分されて、シングルモード光ファイバコイル 15 に右回り光及び左回り光として入射される。光カプラ 14 と光ファイバコイル 15 の一端との間に光位相変調器 16 が直列に挿入される。光位相変調器 16 は圧電素子に光ファイバが巻かれたものであり、光位相変調器 16 により上記右回り光、左回り光はそれぞれ変調周波数 f で位相変調を受ける。光ファイバコイル 15 の両端と光カプラ 14 及び光位相変調器 16 との間にそれぞれデモラライザ 17 及び 18 が直列に挿入され、これを通過する光が非偏光とされる。

【0003】 光ファイバコイル 15 を伝搬した右回り光と左回り光とは光カプラ 14 で合成干渉し、この干渉光は偏光子 13 を通り、更に光カプラ 12 を通って光電変換回路 19 に達し、ここで電気信号に変換される。この電気信号は同期検波回路 21 において、発振器 22 から周波数 f の信号により同期検波され、その検波出力が出力端子 23 にジャイロ出力として出力される。発振器 22 の出力は変調信号として光位相変調器 16 を変調駆動する。

【0004】 光ファイバコイル 15 を伝搬する左、右の各回り光の電場を E_r 、 E_l とおくと、干渉光の強度は次式で表せる。

バコイル 15 を伝搬する時間、 $\omega = 2\pi f$ である。 $\Delta\phi$ 、 τ はそれぞれ次式で表せる。

【0005】

... (2)

... (3)

イロは、左右両回り光の干渉光信号を位相変調周波数 f で同期検波する場合、従来においては、ジャイロ出力最適感度を得るために、位相変調信号の基本波成分の係数 $J_1(\alpha)$ が最大値をとるように、つまり $\alpha = 1.84$ となるように変調電圧 V を設定していた。図 2 に第 1 種ベッセル関数のグラフを示す。図から明らかなように、 $J_1(x)$ の曲線はその引数 x が 1.84 で最大値を示す。

【0007】

【発明が解決しようとする課題】この従来の光ファイバジャイロにおいては、位相変調信号周波数成分の強度変調が生じることがわかった。即ち偏波面保存光ファイバ

$$E_x = a_x \sin \phi$$

$$E_y = a_y \sin (\phi + \delta \phi)$$

ここで、 a_x 、 a_y はそれぞれ主軸、副軸を伝搬する光の電場振幅、 ϕ は電場の位相、 $\delta \phi$ は主軸、副軸をそれぞれ伝搬する光の間の位相差である。主軸と偏光子 1 3 との角度を θ とすると光カプラ 1 4 で 2 分されて光ファ

$$I = I_x + I_y + 2 \sqrt{I_x I_y} \cos \delta \phi \quad \dots (6)$$

$$\delta \phi = \phi_y(t) - \phi_x(t) = \delta \phi_0 \cos (\omega_m t + \psi) \quad \dots (7)$$

$$I_x = (a_x \cos \theta)^2, I_y = (a_y \sin \theta)^2 \quad \dots (8)$$

となる。ここで、 $\phi_x(t)$ はゆるやかな温度変化により生じる主軸、副軸伝搬光間の位相差、 ω_m は位相変調角周波数、 ψ は実際の位相変調からの位相遅れである。

$$\begin{aligned} \cos \delta \phi &= \cos \phi_x(t) \{ J_0(\delta \phi_0) \\ &\quad - 2 J_2(\delta \phi_0) \cos 2(\omega_m t + \psi) \\ &\quad + 2 J_4(\delta \phi_0) \cos 4(\omega_m t + \psi) \\ &\quad - 2 J_6(\delta \phi_0) \cos 6(\omega_m t + \psi) \\ &\quad + \dots \} \\ &\quad - 2 \sin \phi_x(t) \{ J_1(\delta \phi_0) \cos (\omega_m t + \psi) \\ &\quad - J_3(\delta \phi_0) \cos 3(\omega_m t + \psi) \\ &\quad + J_5(\delta \phi_0) \cos 5(\omega_m t + \psi) \\ &\quad + \dots \} \end{aligned} \quad \dots (9)$$

この (9) 式からわかるように位相変調信号の基本波成分が含まれ、これは $\sin \phi_x(t) J_1(\delta \phi_0)$ に比例している。

【0009】したがって、干渉光信号には (1) 式のみならず (9) 式にあるような成分の光が含まれるため、基本波で干渉光を同期検波した場合、入力角速度の成分の他に $2 \sin \phi_x(t) J_1(\delta \phi_0)$ という強度変調に起因する成分まで検出してしまい、これらを分離することができず、ジャイロ出力誤差の原因となる。

【0010】

【課題を解決するための手段】この発明によれば、シングルモード光ファイバを検出用光ファイバコイルに用い、光ファイバコイルを伝搬する左、右両回り光に非偏光を用いた位相変調方式光ファイバジャイロにおいて、第 1 種第 1 次ベッセル関数 $J_1(\alpha)$ の引数 α が約 5.4、第 1 種第 1 次ベッセル関数 $J_1(\delta \phi_0)$ の引数 $\delta \phi_0$ が約 3.8 となるように、位相変調周波数 f_m 、光ファイバコイルの長さ L が設定される。 $\delta \phi_0 = |\phi_x - \phi_y|$

$$\alpha = 2 \phi_0 \sin \pi f_m \tau$$

$$\tau = nL/C$$

また前記 (9) 式で示される片回り光の強度変調による光強度中の変調信号の基本波成分の係数である第 1 種第 1 次ベッセル関数 $J_1(\delta \phi_0)$ の引数 $\delta \phi_0$ は前述し

$$\delta \phi_0 = |\phi_x - \phi_y| = \beta \phi_0 = 10^{-1} \phi_0 \quad \dots (13)$$

β は偏波面保存光ファイバの複屈折率であり、ほぼ 10⁻¹ の値をもつ、以後 $\beta = 10^{-1}$ と仮定する。 $\delta \phi_0 / \alpha$

の主軸、副軸をそれぞれ伝搬する光の電場成分を次のようにおく。

$$\dots (4)$$

$$\dots (5)$$

イバコイル 1 5 を伝搬する左右両回り光のうち、一方の左回り光が、光ファイバコイル 1 5 と光カプラ 1 4 を通り、偏光子 1 3 を透過した後の光強度 I は

$$\dots (6)$$

$$\dots (7)$$

$$\dots (8)$$

この (6) 式における $\cos \delta \phi$ をベッセル関数に展開すると、次式ようになる。

【0008】

$-\phi'$ 、 $|\phi_x - \phi_y| = \beta \phi_0$ で ϕ_0 は光ファイバコイルに用いられる偏波面保存光ファイバの主軸を伝搬する光が受ける位相変調振幅、 ϕ' は偏波面保存光ファイバの副軸を伝搬する光が受ける位相変調振幅、 β は偏波面保存光ファイバの複屈折率であり、 $\alpha = 2 \phi_0 / \sin \pi f_m \tau$ であり、 τ は光ファイバコイルの伝搬時間である。

【0011】この構成によれば、図 2 の第 1 種第 1 次ベッセル関数 $J_1(x)$ の曲線から明らかなように $x = 3.8$ でゼロとなり、従って $J_1(\delta \phi_0) \approx 0$ となり強度変調に起因する変調周波数の基本波成分はゼロになる。一方、 $x = 5.4$ で $J_1(x)$ は負の最大値となり、従って $J_1(\alpha)$ は比較的大きな値となり、ジャイロ出力も大きなものとなり、しかも強度変調に起因する誤差は含まれない。

【0012】

【実施例】前記 (1) 式で示される干渉光中の変調信号の基本波成分の係数である第 1 種第 1 次ベッセル関数 $J_1(\alpha)$ の引数 α は前述したように次式で示される。

$$\dots (11)$$

$$\dots (12)$$

たように次式で示される。

【0013】

$$\dots (13)$$

を求めると (11)、(13) 式から次のようになる。

$$\delta\phi / \alpha = (2 \sin \pi f \cdot \tau)^{-1} \cdot 10^{-1} \\ \approx (2 \pi f \cdot \tau)^{-1} \cdot 10^{-1} \quad \dots (14)$$

($\pi f \cdot \tau$ は非常に小さい)

(14) 式に $\alpha = 5.4$ 、 $\delta\phi = 3.8$ 、 $n = 1.45$ 、 $c = 3 \times 10^8$ を代入し、またその τ に (12) 式を代入すると、

$$f \cdot L \approx 4.68 \times 10^4 \text{ Hz} \cdot \text{m}$$

となる。PZTを使用した光位相変調器16では、最低共振周波数が数kHz程度である。従って、実際に使用する変調周波数を1kHzと仮定すると、 $L = 47\text{m}$ となる。

【0014】なお、従来においては $\alpha = 1.8$ としているが、この状態で $\delta\phi = 3.8$ にするには、これらを前記同一条件で (14) 式に代入すると、 $f \cdot L \approx 1.56 \times 10^4$ となり、変調周波数を同様に1kHzとすると、 $L = 16\text{m}$ となり、光ファイバコイル長が著しく短くなり、光ファイバジャイロの感度は光ファイバコイル長 L に比例するため、実用化できる精度を得ることは困難であり、つまり $\alpha = 1.8$ 、 $\delta\phi = 3.8$ をとる光ファイバジャイロは実現困難である。

【0015】上述ではこの発明を開ループ光ファイバジャイロに適用したが閉ループ光ファイバジャイロにも適

用できる。

【0016】

【発明の効果】以上述べたようにこの発明によれば、検知用光ファイバコイル15にシングルモードファイバを用い、光ファイバコイル15を伝搬する左右両回り光に、非偏光を用いた位相変調方式光ファイバジャイロにおいて、光位相変調器16により強度変調を受けた片回り光のうち、変調周波数成分の係数 $J_1(\delta\phi)$ が第1種第1次ベッセル関数の引数 $\delta\phi \approx 3.8$ に対応する値 $J_1(\delta\phi) \approx 0$ をとり、左右両回り光の干渉光信号のうち変調周波数成分の係数 $J_1(\alpha)$ が第1種第1次ベッセル関数の引数 $\alpha \approx 5.4$ に対応する第2ピークをとるように、変調周波数 f 、光ファイバコイル長 L の関係を設定することにより、光ファイバコイルを伝搬する左右両回り光の干渉光信号の同期検波出力に強度変調成分が含まれず、最適感度で入力角速度が検出できる効果が得られる。

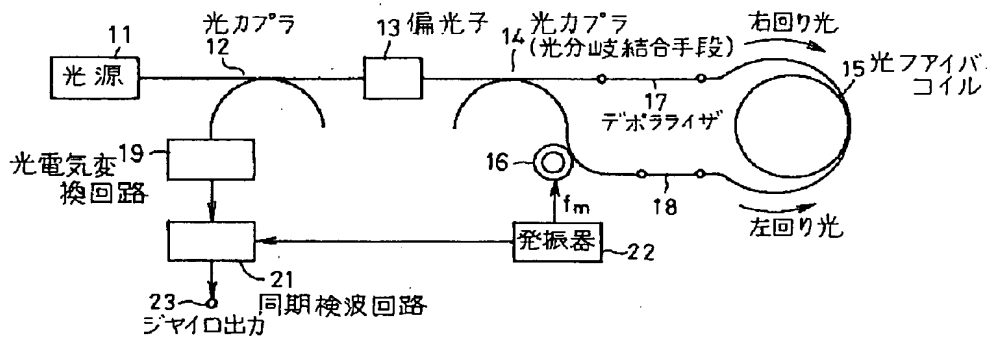
20 【図面の簡単な説明】

【図1】光ファイバジャイロを示すブロック図。

【図2】第1種ベッセル関数のグラフ。

【図1】

図 1



【 図 2 】

図 2

